

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-110780

(43)Date of publication of application : 16.05.1988

(51)Int.Cl.

H01S 3/097

(21)Application number : 61-257453

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 29.10.1986

(72)Inventor : TAKAGI SHIGEYUKI

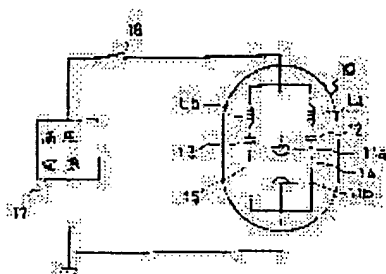
SATO SABURO

## (54) GAS LASER OSCILLATOR

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To lengthen a pulse width by forming an electrically equivalent circuit inside a laser tube in such a way that the circuit can flow a reciprocating electric current between main discharge electrodes through a peaking capacitor or the like.

**CONSTITUTION:** A gas laser medium is sealed in a laser tube 10 at a pressure of more than the atmospheric pressure; main discharge electrodes 11a, 11b which are located face to face with each other to constitute a pair are installed there; pin electrodes 14, 15 are connected to the respective main discharge electrodes 11a, 11b via inductances La, Lb for resonance use and peaking capacitors 12, 13 for shaping the waveform of an electric current. If the inductances La, Lb for resonance use are connected to the peaking capacitors 12, 13 so that an electrically equivalent circuit inside the laser tube 10 can satisfy the oscillating conduction, a reciprocating electric current flows between the main discharge electrodes 11a, 11b, and a pulsed laser beam is output twice in succession. As a result, it is possible to output a pulsed laser beam of a long pulse-width so that a laser-induced chemical reaction or the like during the production process of a semiconductor device can proceed continuously and smoothly.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 昭63-110780

⑪ Int. Cl.<sup>4</sup>  
H 01 S 3/097

識別記号 庁内整理番号  
7630-5F

⑬ 公開 昭和63年(1988)5月16日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑭ 発明の名称 ガスレーザ発振装置

⑮ 特 願 昭61-257453

⑯ 出 願 昭61(1986)10月29日

⑰ 発 明 者 高 木 茂 行 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝生産技術研究所内

⑱ 発 明 者 佐 藤 三 郎 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝生産技術研究所内

⑲ 出 願 人 株 式 会 社 東 芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

⑳ 代 理 人 弁 理 士 鈴 江 武 彦 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

ガスレーザ発振装置

2. 特許請求の範囲

(1) ガスレーザ媒質が封入されかつピーキングコンデンサが接続された対を成す主放電電極を内設したレーザ管と、前記主放電電極に前記ピーキングコンデンサを通してパルス電圧を印加して放電させる放電回路をもったガスレーザ発振装置において、前記放電回路は前記主放電電極間に往復電流を流す電氣的等価回路を備えていることを特徴とするガスレーザ発振装置。

(2) 電氣的等価回路はピーキングコンデンサに共振用インダクタンスを付加した特許請求の範囲第(1)項記載のガスレーザ発振装置。

(3) 電氣的等価回路はインピーダンスを低下させるガスレーザ媒質組成とする特許請求の範囲第(1)項記載のガスレーザ発振装置。

3. 発明の詳細な説明

[発明の目的]

(産業上の利用分野)

本発明は、パルスレーザを出力するエキシマレーザ装置等のガスレーザ発振装置に関する。

(従来の技術)

第6図は従来のエキシマレーザ発振装置の構成図であって、レーザ管1の内部にはガスレーザ媒質例えばXe/HCl/NeやXe/HCl/Hoの混合ガスが大気圧以上で封入されている。そして、このレーザ管1の内部には互いに対向して対を成す主放電電極2a、2bが設けられるとともにこれら主放電電極2a、2bに波形整形のためのピーキングコンデンサ3、4を介してピン電極5、6が接続されている。そこで、高圧電源7からギャップスイッチやサイラトロン等のスイッチ装置8を通して主放電電極2a、2b間にパルス電圧が印加されると、第7図に示すように約100ns程度の間に電流が各ピーキングコンデンサ3、4を通して各ピン電極5、6に流れてピン電極5、

6間を放電させる。これにより、主放電電極2a、2b間が予備電離される。このとき、各ピーキングコンデンサ3、4は負方向に充電され、これが十分な充電電圧になされると、主放電電極2a、2b間で主放電が発生して大電流が流れる。これによって、レーザ管1内にエキシマが生成され、このエキシマが解離するときに発生する光エネルギーがパルスレーザとして出力される。なお、パルスレーザ波形は第7図に示す電流波形より少し遅れて立ち上がり、パルスレーザのパルス幅は電流のパルス幅とほぼ同じである。

ところで、電流の流れる期間(以下、電流パルス幅と指称する)はピーキングコンデンサ3、4、レーザ管1内における浮遊インダクタンス $L_2$ および放電部におけるインピーダンス $Z$ によって決定されるが、エキシマレーザの場合は放電部のインピーダンス $Z$ が $1\Omega$ 以下と比較的小さいためにピーキングコンデンサ3、4とレーザ管1内における浮遊インダクタンス $L_2$ とによって決まる。通常、ピーキングコンデンサ3、4の値 $C$ は

30nFであり、浮遊インダクタンス $L_2$ は3nHである。従って、電流パルス幅 $\tau$ は、

$$\tau = \pi \sqrt{C L_2}$$

から30nsecとなり、短パルス幅のパルスレーザとなる。ところで、エキシマレーザは発振波長が紫外線領域であって半導体製造プロセスにおけるレーザ誘起化学反応等に好適であって、その応用が十分期待されている。ところが、パルスレーザのパルス幅が上記の如く30nsecという短パルス幅では、レーザ誘起化学反応が間欠的処理となってしまう各種処理を連続的にスムーズに進行できないという問題がある。

(発明が解決しようとする問題点)

以上のようにパルスレーザのパルス幅が短くレーザ誘起化学反応等の各種処理を連続的に行うことができなかった。

そこで本発明は、パルス幅を長くできるガスレーザ発振装置を提供することを目的とする。

(問題点を解決するための手段)

本発明は、レーザ管内にピーキングコンデン

サ等を通して主放電電極間に往復電流を流す電氣的等価回路を形成して上記目的を達成しようとするガスレーザ発振装置である。

(作用)

このような電氣的等価回路が形成されると、主放電電極間に往復電流が流れて電流パルス幅が長くなり、これに従ってパルスレーザのパルス幅が長くなる。

(実施例)

以下、本発明の第1実施例について図面を参照して説明する。

第1図は本発明のガスレーザ発振装置を適用したエキシマレーザ装置の構成図である。レーザ管10内にはガスレーザ媒質例えばXe/HCl/NeやXe/HCl/Heの混合ガスが大気圧以上で封入され、かつ第2図に示す如く互に対向して対を成す主放電電極11a、11bが設けられている。そして、各主放電電極11a、11bにはそれぞれ共振用インダクタンス $L_a$ 、 $L_b$ 、電流波形整形のためのピーキングコンデンサ12、

13を介してピン電極14、15が接続されている。さて、各共振用インダクタンス $L_a$ 、 $L_b$ はレーザ管10内における電氣的等価回路を振動させるためのものでその値に次のようにして決定される。第3図はレーザ管10内の各ピーキングコンデンサ12、13、共振用インダクタンス $L_a$ 、 $L_b$ 、各ピン電極14、15および主放電電極11a、11bにより形成される電氣的等価回路を示している。つまり、 $C_a$ はピーキングコンデンサ12、13の容量、 $L_g$ は共振用インダクタンス値、 $L_g$ は浮遊インダクタンス値であり、 $r$ は電氣的等価回路上の抵抗値、 $Z$ は放電時にほぼ純抵抗成分のみになる放電部のインピーダンスである。ここで、上記各値において

$$L_g + L_g = L_t$$

$$r + Z = R$$

として第3図に示す等価回路の振動条件を求めると、

$$4 \times (L_t / C_a) > R^2 \quad \dots (1)$$

となる。また、振動の減衰量 $\alpha$ は、

$$\alpha = R / 2 \times L_t \quad \dots (2)$$

となる。そこで、ピーキングコンデンサ12、13の容量C<sub>a</sub>はエキシマレーザでは例えば30 nFであり、浮遊インダクタンス値L<sub>g</sub>は3.1 nHであり、回路上の抵抗値rは0.2 Ω、放電部のインピーダンスZ<sub>0</sub>はガスレーザ媒質の組成によって異なるがここでは組成を

$$\text{HCl} / \text{Xe} / \text{He}$$

$$= 3.5 f_{\text{orr}} / 80 f_{\text{orr}} / 2000 f_{\text{orr}}$$

として0.7 Ωとすると、R = 0.9 Ωとなる。これから各値を上記第(1)式に代入することによりインダクタンスL<sub>t</sub>は、

$$L_t = 6.1 \text{ nH}$$

となって共振用インダクタンス値L<sub>g</sub>は0.1 ~ 3.1 ~ 3.0 nH以上であればよいことが分かる。従って、共振用インダクタンス値L<sub>g</sub>はこの値より少し高めの4 nHと設定する。

さらに構成の続きを説明すると、各主放電電極11a、11bにはギャップスイッチやサイラトロン等のスイッチ装置16を介して20~50 kVの

出力電圧を持つ高圧電源17が接続されている。

次に上記の如く構成された装置の作用について説明する。高圧電源17からスイッチ装置16を通して各主放電電極11a、11b間にパルス電圧が印加されると、第4図に示すように電流が共振用インダクタンスL<sub>a</sub>、L<sub>b</sub>からピーキングコンデンサ12、13を通して各ピン電極14、15に流れて各ピン電極14、15間を放電させる。これにより、主放電電極11a、11b間が予偏電離される。そうして、各ピーキングコンデンサ12、13が負方向で十分充電されると、主放電電極11a、11b間に主放電が発生して大電流が流れる。これによって、放電部でエキシマが生成され、このエキシマが解離するときに発生するエネルギーがパルスレーザとして出力される。ところが、レーザ管10内の電気的等価回路は上記説明の如く振動条件を満足する値の共振用インダクタンスL<sub>a</sub>、L<sub>b</sub>が接続されているために前記放電によって消費できなかった電気エネルギーは再び各ピーキングコンデンサ12、13に充電さ

れる。なお、このときの充電方向は放電時における電流の流れ方向によって決まるので前回の充電とは逆方向となる。従って、主放電電極11a、11bは第4図に示す如く正方向の電圧が加わる。そして、各ピーキングコンデンサ12、13に充電された電荷が、今度はピン電極14、15から主放電電極11b、11a、さらに共振用インダクタンスL<sub>a</sub>、L<sub>b</sub>に流れて2回目の放電が発生する。つまり、主放電電極11a、11b間には往復電流が流れて2回の放電が連続して発生し、この結果パルスレーザのパルス幅は75 nsecとなる。

このように上記第1実施例においては、ピーキングコンデンサ12、13に共振用インダクタンスL<sub>a</sub>、L<sub>b</sub>を接続してレーザ管10内の電気的等価回路を振動条件を満足するように構成したので、主放電電極11a、11b間に往復電流が流れて2回連続してパルスレーザが出力される。従って、パルス幅の長いパルスレーザを出力することができ、半導体製造プロセスにおけるレーザ誘起化学反応等を連続してスムーズに進行できる。

なお、往復電流を得るのでなくただ単にインダクタンスを接続してパルス幅を長くしようとする、そのインダクタンス値は非常に大きくなる。例えば、上記実施例の条件でパルス幅80 nsecを得ようとする、ピーキングコンデンサ値を30 nFとして上記式

$$\tau = \pi \sqrt{C \cdot L_t}$$

から総インダクタンスL<sub>t</sub>の値は22 nHとなる。すなわち、浮遊インダクタンス3.1 nHに、共振用インダクタンスL<sub>g</sub> (18.9 nH)を付加する必要がある。このようにインダクタンス成分L<sub>t</sub>が22 nHと大きくなると主放電電極11a、11b間に流れる電流の立ち上がりが遅くなってパルスレーザの発振効率が2分の1から3分の1に低下してしまう。

次に本発明の第2実施例について説明する。

ところで、上記第(1)式からレーザ管10内の電気的等価回路の振動条件を満足する構成とするためには放電部のインピーダンスZ<sub>0</sub>を小さくすることが考えられる。そこで、ガスレーザ媒質の組成

する各ガス量を変えることが行なわれる。つまり、

$$HCl / Xe = 3.5 / 80 f_{orr}$$

を  $He 2000 f_{orr}$  で希釈したときインピーダンス  $Z$  は  $0.7 \Omega$  であるが、

$$HCl / Xe = 3.5 / 80 f_{orr}$$

を  $Ne 2000 f_{orr}$  で希釈すればインピーダンス  $Z$  は  $0.4 \Omega$  となる。従って、ガスレーザ媒質をインピーダンスの低い組成とすることによりインダクタンス成分  $L_t$  は上記第(1)式から

$$L_t > 2.7 nH$$

となり浮遊インダクタンス  $L_g$  のみで振動条件が満足されるようになる。この結果、上記如くインピーダンス  $Z$  の小さなガスレーザ媒質の組成とすれば少なくとも主放電電極間に往復電流が流れてパルスレーザのパルス幅を長くできる。

なお、インダクタンス成分  $L_t$  を一定とした場合、インピーダンス  $Z$  を小さくすることによりパルスレーザの2回目のピーク値を大きくすることができる。つまり、インダクタンス成分  $L_t$  を  $7$

$nH$  としてインピーダンス  $Z$  を  $0.7 \Omega$  とした場合減衰量  $\alpha$  は上記第(1)式から

$$\alpha = 6.4 \times 10^7 \quad (1/s)$$

となり、またインダクタンス成分  $L_t$  を  $7 nH$  としてインピーダンス  $Z$  を  $0.4 \Omega$  とした場合減衰量  $\alpha$  は、

$$\alpha = 4.3 \times 10^7 \quad (1/s)$$

となる。従って、インピーダンス  $Z$  が  $0.7 \Omega$  のとき

$$1/\alpha = 15 nsec$$

に  $1/e$  の割合いで電流のピーク値が減少し、インピーダンス  $Z$  が  $0.4 \Omega$  のとき

$$1/\alpha = 23 nsec$$

に  $1/e$  の割合いで電流のピーク値が減少することになる。かくして、インピーダンス  $Z$  が  $0.7$  から  $0.4 \Omega$  への変化では2回目のヒークが発生するまでの時間はほぼ同一となるのでインピーダンス  $Z$  が  $0.4 \Omega$  の方が電流ピーク値が大きくなる。なお、第5図はインピーダンス  $Z$  の値を小さくした場合の各波形を示しており、ガスレーザ媒質は、

希釈ガスを  $Ne 100\%$  とし、 $Xe$  ガス量を  $80 f_{orr}$  から  $40 f_{orr}$  へ変え、インピーダンス  $Z_0$  を

$$Z \leq 0.35$$

している。

なお、本発明は上記各実施例に限定されるものでなくその主旨を逸脱しない範囲で変形してもよい。例えば、レーザ管内の電気的等価回路の振動条件を満足するためにピン電極の径を細くしたり、あるいは全長を長くしたりして浮遊インダクタンス  $L_g$  を増加してインダクタンス成分  $L_t$  を  $7 nH$  としてもよい。また、電気的等価回路での振動を複数回にすれば、レーザパルスのパルス幅がより長くできる。

#### 【発明の効果】

以上詳記したように本発明によれば、パルス幅を長くできるガスレーザ発振装置を提供できる。

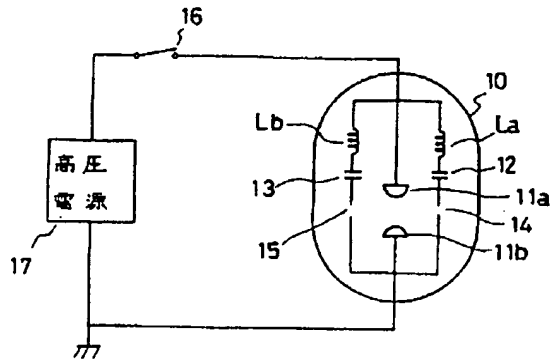
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図および第2図は本発明に係わるガスレーザ装置をエキシマレーザ装置に適用した場合の第1実施例を示す構成図、第3図は第1図に示す

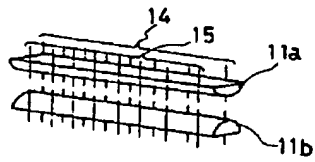
装置におけるレーザ管内の電気的等価回路の模式図、第4図は第1図に示す装置のパルスレーザ発振作用を示すタイミング図、第5図は本発明装置の第2実施例の作用を説明するための図、第6図および第7図は従来装置を説明するための図である。

10…レーザ管、11a、11b…主放電電極、12、13…ピーキングコンデンサ、14、15…ピン電極、16…スイッチ装置、17…高圧電源。

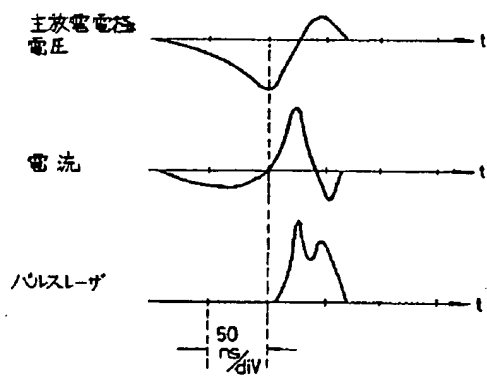
出願人代理人 弁理士 鈴江武彦



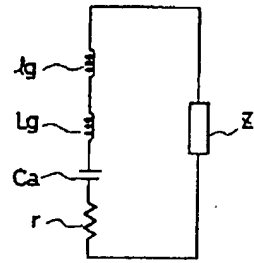
第 1 図



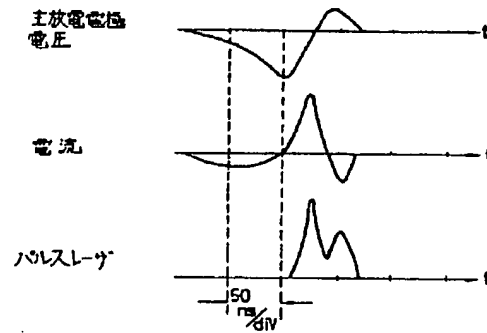
第 2 図



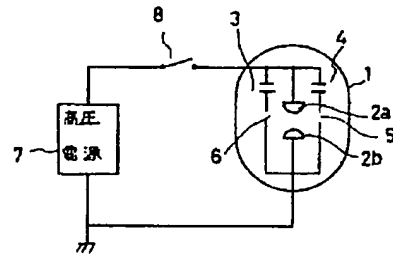
第 5 図



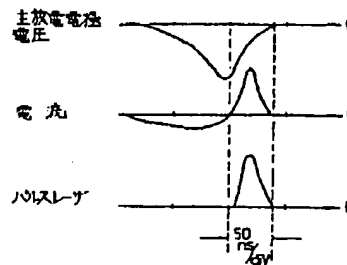
第 3 図



第 4 図



第 6 図



第 7 図